Caldasia 19(1-2): 45-53

ESPERMATOGENESIS Y CICLO ANUAL REPRODUCTIVO DEL CAPAZ, *PIMELODUS GROSSKOPFII* (PISCES: PIMELODIDAE), EN EL ALTO RIO MAGDALENA, COLOMBIA

PLUTARCO CALA

Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, AA 14 490, Bogotá, Colombia.

Resumen

Esta investigación documenta los cambios histomorfológicos anuales en los testes de la población de capaz, *P. grosskopfii,* atrapada aguas arriba del embalse de Betania en al alto río Magdalena, y establece el ciclo reproductivo a través de los cambios histomorfológicos de los testes. La espermatogénesis del capaz pasa por diferentes cambios morfológicos de naturaleza cíclica y estacional. Estos cambios son agrupados por conveniencia en cuatro estadios - I: formación de espermatogonios, II: formación de espermatocitos, espermátides y espermatozoos, III: espermatozoos viables, IV: postreproducción o período de involución. El estudio también determina que para 1991/92 el período de reproducción del capaz en el alto Magdalena se realizó entre octubre y marzo, y que todo macho mayor de 14 cm de longitud estándar ha alcanzado su madurez sexual.

Palabras clave: Espermatogénesis, ciclo anual, *Pimelodus grosskopfii,* río Magdalena

Abstract

This study documents the annual morphohistological changes in the testes of the catfish *Pimelodus grosskopfii,* and reproduction upstream of the Betania Reservoir in the upper Río Magdalena, Colombia. The testes of *P. grosskopfii* undergo distinct morphological changes, which are of cyclic and seasonal nature. Four stages of spermatogenesis can broadly be recognized: I: formation of spermatogonia and beginning of maturing, II: formation of spermatocytes, spermatides and spermatzoa, III: completely mature and viable spermatozoa fill the sperm ducts or completed spermatogenesis, IV: spent testis or period of involution. Most *P. grosskopfii* in the upper Magdalena spawn between October and March. All males larger than 14 cm standard length were reproductively mature.

Key Words: Spermatogenesis, annual cycle, *Pimelodus grosskopfii,* Magdalena River

Introducción

Muy pocas investigaciones se han realizado sobre la histomorfología y ciclo anual de las gónadas de peces colombianos (i. e. Blanco & Cala 1974, Cala & Sarmiento 1982, Cala 1986, Cala et al. 1996, Daza & Bejarano 1996), además de otras reportadas en informes o trabajos inéditos de grado. Con el creciente aumento de la piscicultura en el país durante las dos últimas décadas, en Colombia se han incrementado las investigaciones sobre la reproducción de peces nativos de importancia comercial. La piscicultura en Colombia principalmente se hace con especies exóticas, no obstante existir una rica ictiofauna que incluye centenares de especies de importancia comercial de aguas cálidas, de las cuales se conoce muy poco su ecología y sus ciclos reproductivos, fundamentales en el manejo piscícola. A nivel internacional la mayoría de la información sobre espermatogénesis en peces ha sido resumida por Henderson (1962), Dixit & Agrawala (1974) y Cala (1976, 1986).

Aquí se presentan los resultados del estudio sobre los cambios histomorfológicos y ciclo anual reproductivo relacionados con la espermatogénesis del capaz, *Pimelodus grosskopfii*, en el embalse de Betania y aguas arriba en el Magdalena (02° 42' Norte y 75° 26' Oeste). El capaz es una de las especies ícticas de mayor significado económico del sistema del río Magdalena, y cuya población atrapada aguas arriba del embalse de Betania se está reproduciendo en esta parte del alto Magdalena.

Materiales y métodos

Los peces se coleccionaron con anzuelo o atarraya a intervalos aproximados de un mes, durante ocho salidas de campo de 6 a 8 días en 1991. Sobre material fresco, se registró la longitud y el peso de cada pez seleccionado para el estudio. En total se estudiaron gónadas de 36 especímenes entre 18.2 y 43 cm de longitud total (14 y 33.5 cm de longitud estándar); 41.5 y 1025 g de peso total.

En el campo, las gónadas removidas de peces sexualmente maduros y recientemente capturados, se fijaron en Bouin. Subsecuentemente en el laboratorio, el material se lavó en etanol al 40%, 50% y 70%, y almacenó en este último. Luego, se hicieron secciones transversales de cerca de 5 mm de longitud del centro de la porción anterior del teste derecho, preferencialmente. Estas secciones se deshidrataron en etanol de concentración ascendente (80%, 96% y absoluto) y se incluyeron en parafina. De cada inclusión de testículo se hicieron cortes seriales de 6 micras, de los cuales cerca de 10 se montaron por lámina para un total de 3 láminas por sección testicular, y luego se colorearon con hematoxilina de Heidehein.

Resultados

No se observó dimorfismo sexual externo definido del capaz. Sin embargo, justamente antes y durante el período de ovulación, las hembras se separan con facilidad por el tamaño abultado del abdomen. Pero sí hay dimorfismo definido en las gónadas (Cala et al. 1996a) - los testes son lobulados, con la parte anterior en forma de roseta (Fig. 1). A grosso modo, se establecen 4 estadios en la formación, desarrollo y madurez de los espermatozoos del capaz:

Estadio I (Figs. 2 y 3). Formación de espermatogonios: Una vez el macho alcanza su madurez sexual, o inmediatamente después de la reproducción, empieza la proliferación de espermatogonios (G). La pared del lóbulo está formada por un estrato de tejido conectivo fibroso, denominado "lobule boundary cells"

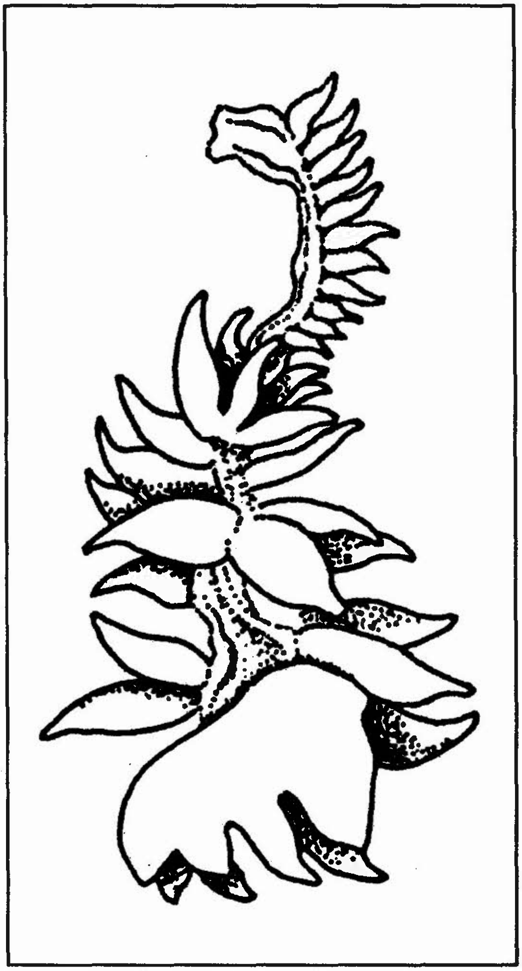

Figura 1. Representación esquemática de un teste de un capaz sexualmente maduro, que muestra lobulaciones que terminan en forma de roseta en la parte anterrior, alto río Magdalena. x2.

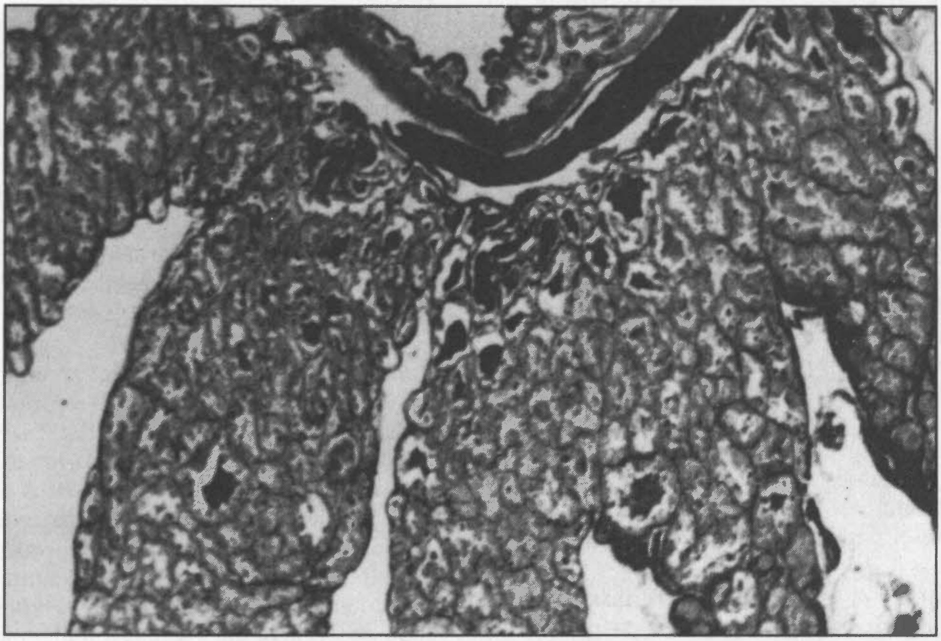

Figura 2. Corte transversal total de un teste virgen de un capaz juvenil (16 cm LE, 21.5 LT, y 90 g), capturado en mayo 23 de 1991 en el embalse de Betania, que muestra las lobulaciones. x63.

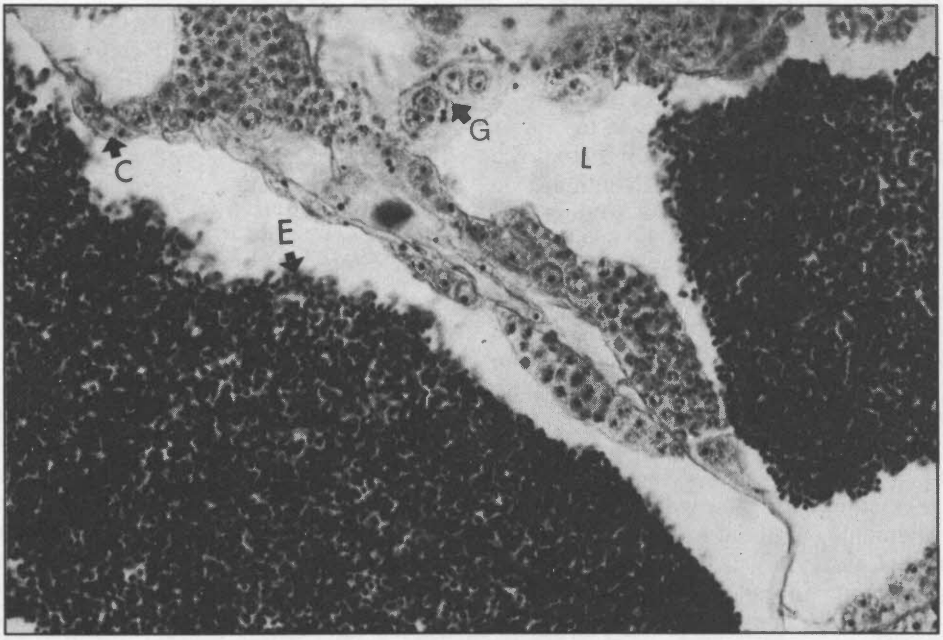

Figura 3. Teste de un capaz de 16.5 cm LE, 22.5 LT, y 72.5 g, después de la reproducción, capturado en el embalse de Betania en abril 4 de 1991. Se observan células germinales primarias (C), espermatogonios secundarios formando cápsulas o agregados (G) y abundante esperma residual (E) en el lumen (L), inmediatamente después de la reproducción. x400.

por Marshall & Lofts (1956). La periferia del lóbulo está ocupada por células germinales primordiales, fáciles de reconocer ya que son las células mas grandes que se encuentran en el teste (Fig. 3). Algunas de estas células se dividen y forman los espermatogonios secundarios, otras son la reserva que persisten a través de todos los estadios de la espermatogénesis. Al inicio de este período el lumen (L) está bien diferenciado (Fig. 3) y con abundante esperma residual (E). En las paredes internas de los lóbulos aparecen agregados de espermatogonios, rodeados por una cápsula membranosa, que se originan de un número de divisiones consecutivas a partir de un espermatogonio primario (Fig. 3). Los espermatogonios son mas abundantes en machos de *P. grosskopfii* inmediatamente después de la reproducción y durante el período de involución.

ESTADIO II (Figs. 4, 5, 6, 7). FORMACIÓN DE ESPERMATOCITOS (T), ESPERMÁTIDES (D) Y ESPERMATOZOOS (Z). Este estadio marca el proceso espermatogénico o ciclo anual reproductivo, luego de la fertilización e involución gonadal. Por consiguiente, gónadas de peces con espermatocitos se consideran de especímenes maduros que participarán en el período reproductivo mas cercano de la especie. La coloración externa de los testes cambia de rojiza a blancuzca, indicando la presencia de espermatozoos. El número de espermatocitos por cada quiste sugiere que cada unidad celular también se origina por varias divisiones consecutivas de un mismo espermatogonio primario. Posteriormente la membrana que rodea al quiste se rompe al alcanzar las espermátides un estadio avanzado de desarrollo, para completar su metamorfósis o maduración libres en el lumen de los túbulos seminíferos.

Aparentemente, cada agregado madura independientemente. Al igual que en otros silúridos (e. g. Cala 1986), casi todas sus células están en el mismo estadio espermatogénico simultáneamente, con un aparente desarrollo serial de los quistes (Figs. 5-7). Al final de este estadio (septiembre-noviembre) o justamente antes de la reproducción, los lúmenes se llenan de esperma maduro (Fig. 8).

ESTADIO III (Fig. 8). ESPERMATOZOOS MADUROS VIABLES. Es decir, los peces machos están fisiológicamente listos para la reproducción. Al final del estadio, o inmediatamente antes de la reproducción, los lúmenes de los túbulos seminíferos se compactan con espermatozoos, y luego los espermatozoos maduros llenan los conductos espermáticos. Los testes alcanzan su máximo tamaño y se tornan de color blancuzco. El líquido seminal puede ser extraído por presión abdominal.

ESTADIO IV (Figs. 5 y 6). POSTREPRODUCCIÓN. Justamente después del período reproductivo empieza la involución testicular. El tejido conectivo colapsa, las paredes de los lóbulos se engrosan de nuevo y sus diámetros disminuyen (Figs. 5 y 6). Una buena parte del semen no es eyaculado durante la reproducción y se retiene dentro de los túbulos seminíferos y conductos eferentes. Esperma residual (E) puede observarse en los testes del capaz varias semanas después de la reproducción y luego de haberse iniciado de nuevo la espermatogénesis. Esperma residual es común en otros teleósteos de agua dulce uno o dos meses después de la reproducción (e. g. Turner 1919, Mathews 1938, Henderson 1962, Cala 1976, 1986). El esperma residual es reabsorbido posiblemente por fagocitosis.

Ciclo reproductivo

El ciclo reproductivo anual y espematogénesis de la población de *P. grosskopfii* del alto río Magdalena, se puede describir en tres fases principales:

FASE PRE-REPRODUCTIVA (Figs. 3, 4, 5, 6, 7). Esta fase (marzo - octubre) va desde el estadio I, a través del estadio II, hasta el estadio III o desde la formación de los espermatogonios, y subsecuentemente la de los espermatocitos y espermátides, para finalizar la fase con la de los espermatozoos. No se detectó un período quiescente o de inactividad gonadal. Esto significa que la proliferación espermatogonial comienza tan pronto como el período de "madurez funcional" o de reproducción termina, y continúa lentamente

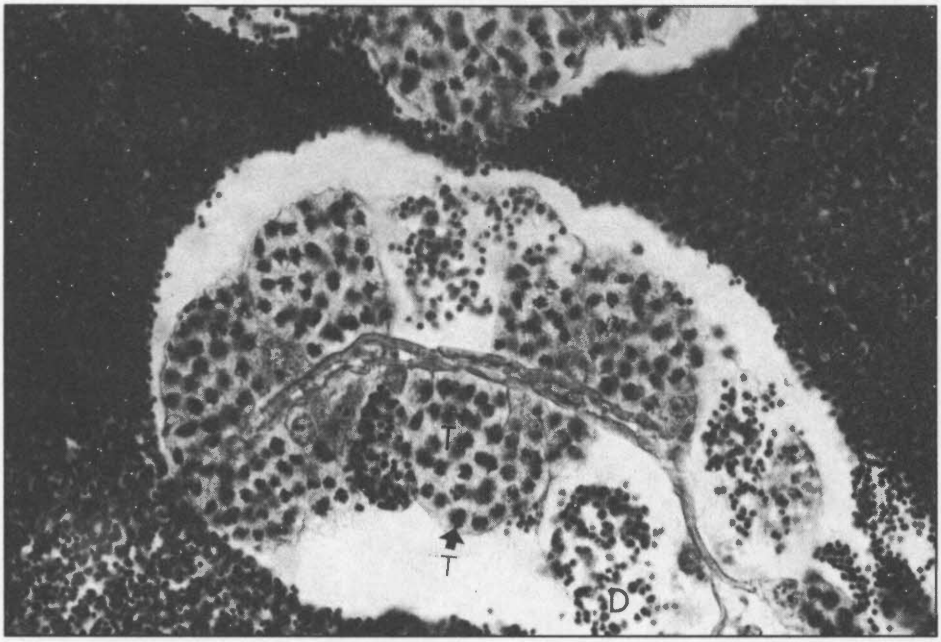

Figura 4. Sección de un teste de un capaz de 17 cm LE, 23 LT, y 90 g, después de la reproducción, capturado en el embalse de Betania, en julio 27 de 1991. Obsérvese abundante esperma residual, agregados de espermatocitos (T) y espermátides (D). x250.

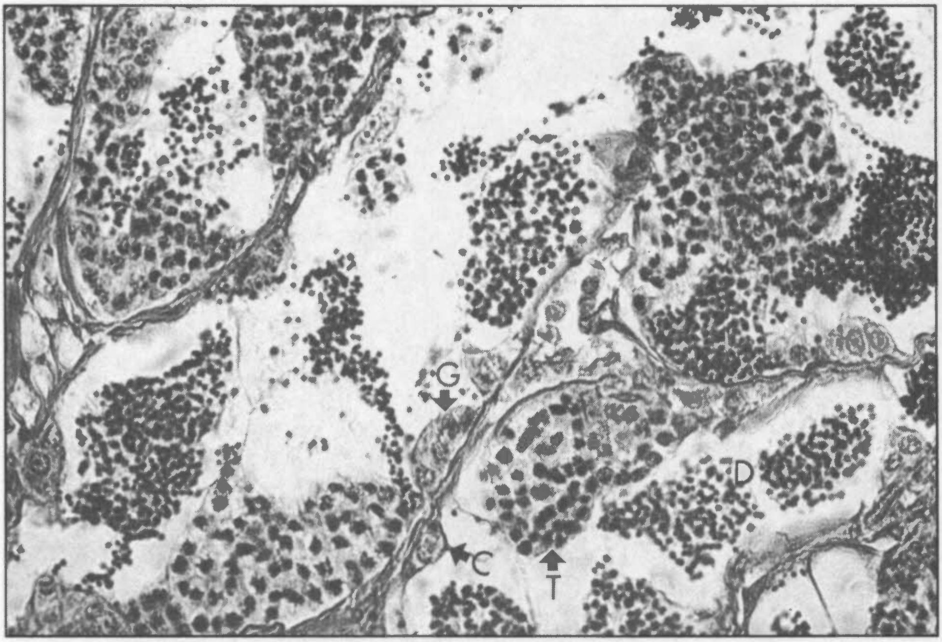

Figura 5. Sección de un teste de capaz de 18 cm LE, 23 LT, y 93 g, capturado en el embalse de Betania en abril 6 de 1991. No se aprecia esperma residual, y se observan células germinales primordiales (C), agregados de espermatogonios (G), espermatocitos (T) y espermátides (D). x250.

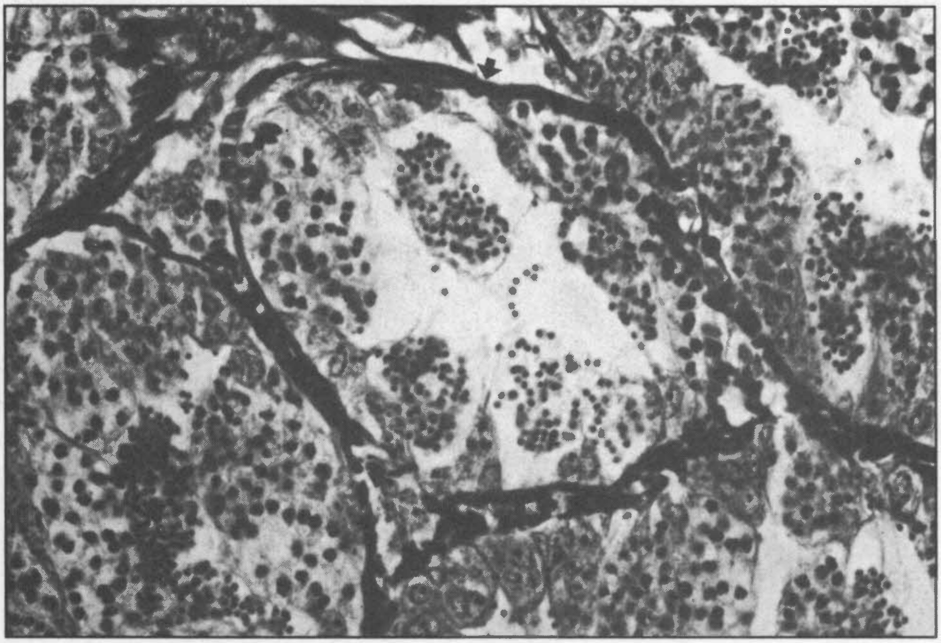

Figura 6. Microfotografía de un corte de un teste de capaz de 23.5 cm LE, 30.2 LT, y 213 g, capturado en el embalse de Betania en julio 27 de 1991. Se aprecian espermatogonios, espermatocitos y espermátides. El tejido conectivo colapsa y las paredes lobulares (flecha) se engrosan. x400.

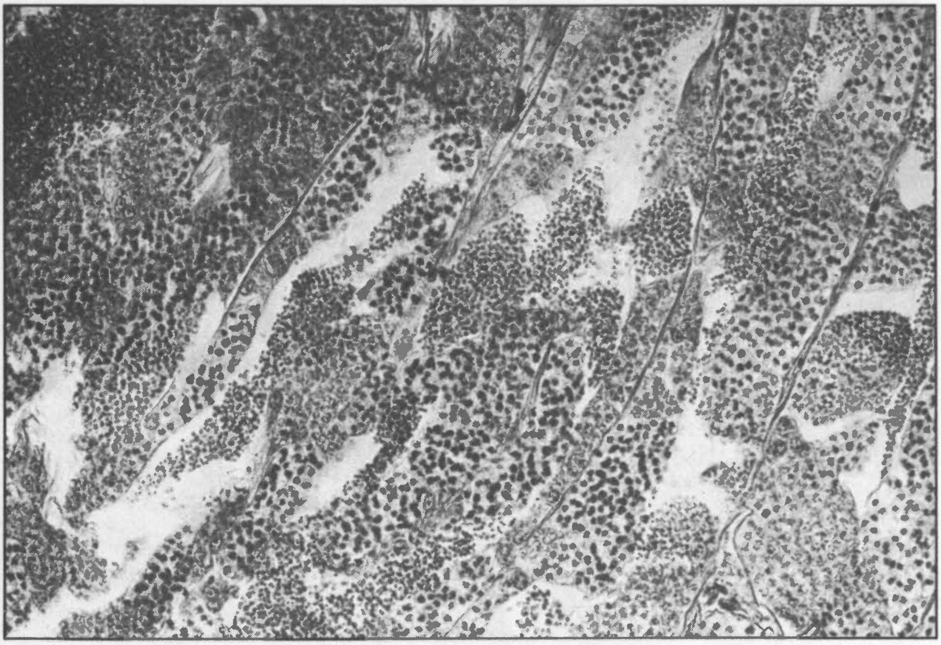

Figura 7. Corte de una sección longitudinal de teste de un capaz de 17.3 cm LE, 23.2 LT, y 79 g, capturado en el embalse de Betania en octubre 13 de 1991, en avanzado estadio de espermatogénesis. Hay mayor cantidad de espermátides en el lumen. x250.

en los primeros meses de la espermatogénesis o reactivación testicular.

Fase reproductiva (Fig. 8). La reproducción se efectúa básicamente entre octubre y marzo. Al principio del período se encuentran machos con gónadas parcialmente vacías, pero parece que la mayoría de ellos se reproducen al final del período (febrero), cuando el factor de condición **(K)** también es mayor (Cala et al. 1996a). Se ha demostrado en otras especies ícticas tropicales que el mayor valor de K corresponde justamente a la población inmediatamente antes del pico de la reproducción, e. g. en *Cichla monoculus* (Cala et al. 1996b).

FASE POST-REPRODUCTIVA (Figs. 3, 4, 5, 6). Un teste inmediatamente después de la reproducción se aprecia el lumen bien definido, con una buena cantidad de esperma residual que es reabsorbido a medida que la proliferación de espermatogonios avanza. Las células germinales primordiales se observan en las paredes lobulares (Figs. 3 y 5). Esta fase comienza inmediatamente luego del período reproductivo de cada pez, en octubre para los primeros individuos y en marzo para los últimos. No se observó un período de inactividad testicular o quiescencia durante el ciclo reproductivo del capaz.

Discusión

Los especímenes de *P. grosskopfii* estudiados en el embalse de Betania y aguas arriba, son parte de los peces que quedaron atrapados en el embalse y aguas arriba luego de su construcción, la cual separó en dos grupos la ictiofauna del río Magdalena. Estos peces han constituido una población de capaz que exitosamente se está reproduciendo aguas arriba del embalse en la parte alta del río Magdalena (Cala et al. 1996a).

La espermatogénesis del capaz comienza con una división intensa de las células germinales

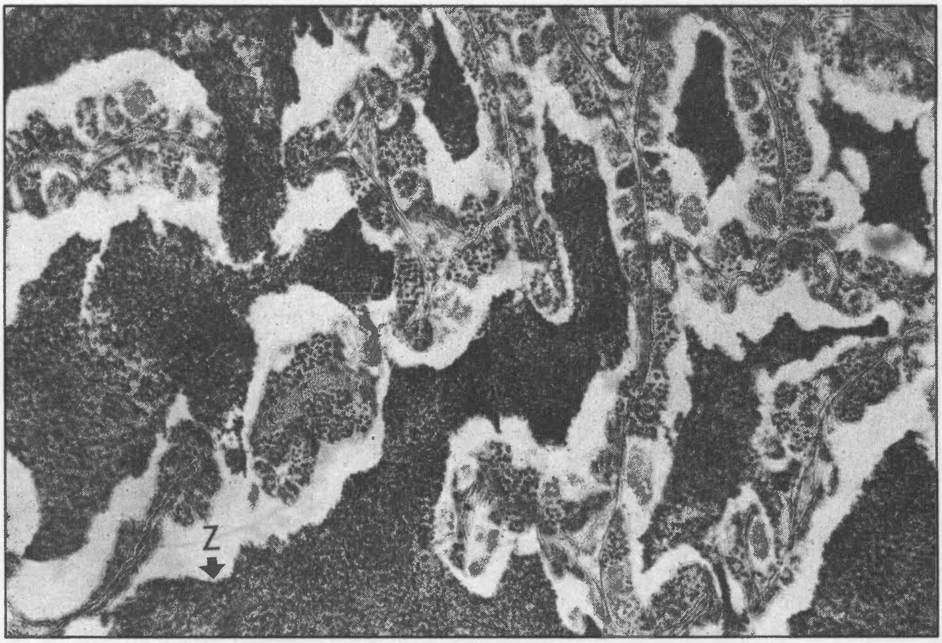

Figura 8. Corte de teste de un capaz de 21.5 cm LE, 28.5 LT, 140 g, capturado en el embalse de Betania en diciembre 16 de 1991, en plena reproducción. Se aprecian lóbulos parcialmente llenos con espermatozoos (Z) maduros viables. x400.

a principios de la involución testicular una vez el pez ha terminado su actividad reproductiva.

La espermatogénesis y desarrollo histomorfológico de su ciclo anual no se separa fundamental de los patrones generales para los peces óseos tropicales, si se compara con poblaciones de peces de zonas templadas. Por ejemplo, es amplia la duración del período reproductivo del capaz (octubre-marzo), mientras que en zonas templadas esta fase puede durar solo tres días en condiciones climáticas óptimas (Cala 1970); en estas zonas estacionales los diferentes estadios de maduración gonadal son más marcados y uniformes al transcurrir el ciclo anual en toda la población: hay una sincronización reproductiva poblacional, con un período quiescente invernal. También, ningún capaz macho se reproduce por primera vez con una longitud estándar menor de 14 cm.

Esta investigación complementa el estudio realizado por Cala (1996) sobre la oogenésis del capaz y reconfirma que la especie se reproduce una vez al año (octubre-marzo), aguas arriba del embalse, con un pico reproductivo entre octubre y enero cuando la precipitación o periodo de lluvias es mayor en la parte alta del río Magdalena. Según una distribución por longitudes de los especímenes coleccionados en el área de estudio y la histomorfología gonadal, se puede concluir que el capaz del alto Magdalena ha conformado una población adaptada al área, que madura sexualmente a los dos años, y se reproduce por primera vez al finalizar su segundo año de vida o cumplir los tres años.

Observaciones complementarias posteriores, especialmente durante 1995/96, muestran que las capturas de capaz han aumentado y por consiguiente el número de pescadores. Las tallas mínimas de captura son apropiadas para un buen manejo de la pesca de la especie, y a comienzos de 1995 existía una buena población juvenil capturada fácilmente con chile (atarraya de ojo de malla pequeño) cuando los pescadores se proveen de carnada (sardinas) para carnar anzuelos. La pesca del capaz en el embalse a lo largo del brazo del río Magdalena, y también en menor escala en el brazo del río Yaguará, ha venido incrementándose con respecto a la de 1991.

Agradecimientos

La investigación se llevo a cabo en el Departamento de Biología de la Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, con la asistencia de Ramón Fernández en el montaje de los micropreparados. El análisis microscópico y microfotográfico se realizó en el Departamento de Zoología Estructural de la Universidad de Lund en Suecia, por invitación de su Director Profesor Dr. R. Elofsson, como parte de una pasantía cofinanciada parcialmente por COLCIENCIAS (Autorización 058-93, COLCIENCIAS - Universidad Nacional de Colombia). El material se coleccionó simultáneamente con la ejecución del trabajo de campo del Contrato 268-90 Universidad Nacional de Colombia - Central Hidroeléctrica de Betania.

Literatura citada

BLANCO, M. C. & P. CALA. 1974. Contribución al conocimiento de la sardina *Astyanax bimaculatus* (L.) 1758 (Characidae: Pisces), del caño Pachiaquiarito, Meta, Colombia. Ecología Tropical 1(2): 1-44.

CALA, P. 1970. On the ecology of the ide, I*dus idus* (L.) in the River Kävlingeån, South Sweden. Rep. Inst. Freshw. Res., Drottningholm, 50: 45-99.

CALA, P. 1976. Age at maturity, testicular development and seasonal changes in the testes of the *Idus idus* (L.) (Pisces, Cyprinidae) in the River Kävlingeån, South Sweden. Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm,, 55: 5-14.

CALA, P. 1986. Cambios histomorfológicos en los testes del capitán, *Eremophilus mutisii* (Trichomycteridae, Siluriformes), durante el ciclo reproductivo anual en el sistema del río Bogotá en Colombia. Caldasia 14: 659-678.

CALA, P. 1996. Cyclic histomorphological changes in the ovary of the catfish, *Pimelodus grosskopfii* (Pimelodidae, Siluriformes) in the upper part of the Río Magdalena, Colombia. Dahlia (Rev. Asoc. Colomb. Ictiol.) 1:7-13.

Cala, P. & N. G. Sarmiento. 1982. Cambios histomorfológicos en el ovario del pez capitán, *Eremophilus mutisii* (Humboldt, 1805) (Pisces: Trichomycteridae), durante el ciclo reproductivo anual, en la laguna del Muña, sistema del río Bogotá, Colombia. Acta Biol. Colombiana 1(1): 9-30.

Cala, P., M. Del C. Pérez, & I. Rodríguez. 1996a. Estado actual del capaz, *Pimelodus grosskopfii* (Pisces: Pimelodidae), en el embalse de Betania y aguas arriba en el río Magdalena, Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 20: 319-330.

Cala, P., E. González & M. P. Varona. 1996b. Aspectos biológicos y taxonómicos del tucunaré, *Cichla monoculus,* en los alrededores de Leticia, Amazonia. Dahlia (Rev. Asoc. Colomb. Ictiol.) 1: 23-37.

Daza, D. Del S. & C. A. Bejarano. 1996. Histomorfología de trucha arco iris, *Oncorhynchus mykiss* (Pisces: Salmonidae), criada en la Estación Piscícola del Neusa - CAR. Dahlia (Rev. Asoc. Colomb. Ictiol.) 1: 39-49.

Dixit, R. K. & N. Agrawala. 1974. Seasonal morphohistological changes in the testes of *Puntius sophore* (Ham). Zool. Beitr. 20: 213-221.

Henderson, N. E. 1962. The annual cycle in the testis of the eastern brook trout, *Salvelinus fontinalis* (Mitchill). Canad. J. Zool. 40: 631-641.

Marshall, A. J. & B. Lofts. 1956. The leydig-cell homologue in certain teleost fishes. Nature Lond. 177: 704-705.

Mathews, S. A. 1938. The seasonal cycle in the gonads of *Fundulus.* Biol. Bull. Woods Hole 75: 66-74.

Turner, C. L. 1919. The seasonal cycle in the spermary of the perch. J. Morph. 32: 681-711.